

Inline-Beschichtungskontrolle gesamter Flächen

Schichtdickenmessung zur Qualitätskontrolle in 3D und in Echtzeit für R2R und andere Beschichtungsanlagen – kurz „inline-QM-3D“

Dünne und oft auch strukturierte Schichten, die in einer definierten Dicke aufgebracht werden müssen, sind wesentlicher Bestandteil vieler neuartiger Produkte und Anwendungen. Der Dickenbereich erstreckt sich dabei von wenigen Nanometern bis hin zu einigen Mikrometern. Die stetige weitere Verfeinerung der Dünnschichttechnik erhöht den Bedarf an Lösungen für eine Qualitätskontrolle der aufgetragenen Schichten, die „inline“ während der Produktion erfolgen kann. Bisher erfolgt die Qualitätskontrolle häufig erst am gefertigten Produkt, und oft nur an einzelnen Punkten der Oberfläche.

Eine schnelle und verlässliche Messtechnik, die Schichtdicken in der gesamten Fläche unmittelbar nach oder während der Herstellung in der Fläche ermittelt, würde helfen die Produktqualität erheblich zu steigern, Beschichtungsmaterial einzusparen, den Ausschuss deutlich zu reduzieren sowie die Entwicklung neuer Schichtsysteme und Materialien zu beschleunigen.

Angebot zur Kooperation

Dr. Ferdinand Bammer von der Forschungsgruppe Prozesstechnik am Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien der TU Wien strebt an, kompakte, robuste, kosteneffiziente und echtzeitfähige Qualitätskontrollen in Zusammenarbeit mit verschiedenen Industrien für ihre jeweils eigenen Aufgabenstellungen zu realisieren.

Sein Messverfahren kann in-line und in-time die Homogenität und Dickenverteilung von dünnen Beschichtungen für eine Vielzahl an Beschichtungstechniken erfassen, zum Beispiel für Roll-to-Roll (R2R), PVD, CVD, Sprühen sowie Pulverbeschichtung.

Die neue Technik soll dem Anwender die Kontrolle über die gesamte Beschichtungsfläche ermöglichen. Das bedeutet, in Echtzeit die Entwicklung der Istwerte zu analysieren und die Prozessparameter bei Bedarf zu korrigieren, bevor die Sollwerte verletzt werden. Durch genaue Vermessung der Schichtdicke und rasche Rückkopplung mit der Prozesssteuerung sollen sowohl Materialeinsatz als auch Produktqualität optimiert werden.

Für den konkreten Bedarf eines Industrieunternehmens



Inline-Messsystem ohne bewegte Teile (Prinzipbild)

wird zunächst getestet, ob das Verfahren eine überzeugende Lösung für ihn darstellen kann und eine weiterführende Kooperation erfolgversprechend ist.

Technologie

Als grundlegende Messtechnik wird die Ellipsometrie verwendet, die sich bereits in unterschiedlichsten Messanwendungen bestens bewährt hat. Sie erlaubt die Erfassung der polarisierenden Wirkung einer Probe auf einfallendes Licht. Mit diesen Daten sowie einem hinterlegten mathematischen Modell des Schichtsystems wird die tatsächliche Schichtdicke ermittelt.

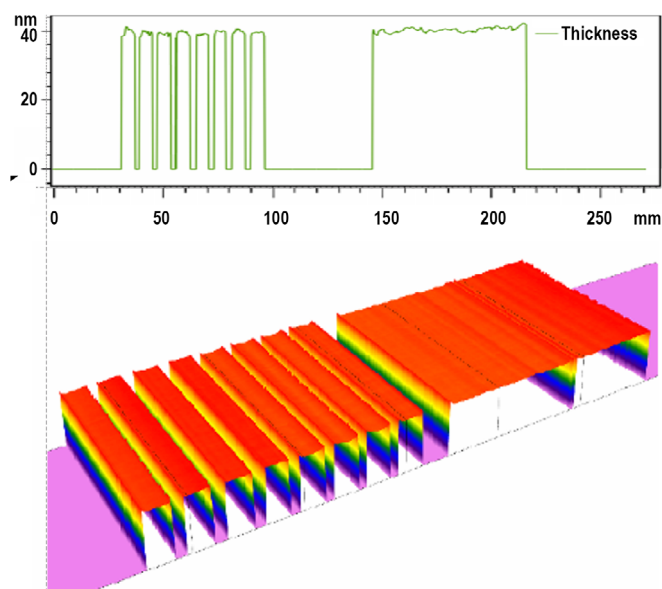
Die Messung erfolgt durch eine flächige Beleuchtung der Probe mit polarisiertem Licht unter einem bestimmten Einfallswinkel. Eine angepasste Optik sorgt für eine saubere Abbildung des Objekts. Das reflektierte Licht wird mittels einer Polarisationskamera erfasst – derzeit mit einer Aufnahmerate von bis zu 24 Bildern pro Sekunde. Aus den Intensitätsverläufen und Intensitätsverhältnissen zwischen verschiedenen Polarisierungen erhält man die gewünschte Information über die polarisierenden Eigenschaften an beliebigen Punkten und damit über die jeweilige Dicke der Beschichtung.

Die gewählte Messanordnung ermöglicht eine vollflächige Erfassung der Schichtdicke mit Hilfe starr installierter Komponenten, also ohne Bewegung des Messkopfes. So können keine Störungen von dynamischen Massenkraften innerhalb des Messsystems hervorgerufen werden. Die Durchführung der Messung entlang einer Rolle ermöglicht eine sehr stabile Messung und vermeidet Fehler durch Welligkeit oder Vibration der Folie.

Ergebnisse

Dem Forschungsteam der TU Wien gelang die Entwicklung eines Inline-Ellipsometers, welches direkt in Beschichtungsanlagen eingebaut werden kann und im laufenden Betrieb eine zuverlässige Qualitätskontrolle ermöglicht. Mit der Messvorrichtung lässt sich in einer R2R-Linie in Echtzeit die Schichtdickenverteilung auf einer Breite von bis zu 2000 mm ermitteln. Eine Adaptierung auf kleinere oder größere Breiten ist komplikationslos möglich. Die Messungen mit Prototypen konzentrierten sich bisher auf R2R- sowie auf Sprüh- und Plasma-beschichtungen.

Im Falle von R2R wird die Schichtdickenbestimmung über das laufende Band auf eine Linie konzentriert. Durch die Bewegung des Bandes kommt die dritte Dimension dazu und somit die Information über die Fläche zustande. Beispielsweise kann mit einer Aufnahme-rate von 20 Hz die Dickenverteilung der aktiven Schicht von organischer Photovoltaik bei einer mittleren Schichtdicke von 250 nm mit einer Genauigkeit von etwa 5 % bestimmt werden. Etwa die gleiche Genauigkeit zeigt sich bei der Kontrolle elektrisch leitender Schichten aus PEDOT (mit einer Dicke von 40 nm) oder aus Gold.



PEDOT-Streifen mit Dicke 40 nm auf PET-Folie

Die Messeinrichtung ist für dünne Schichten aus nahezu allen Materialien anwendbar, solange diese transparent oder zumindest teilweise durchscheinend sind – was bei extrem dünnen Schichten von wenigen Nanometern bis zu einem zehntel Mikrometer selbst bei den meisten Metallen der Fall ist.

Als Trägermedium können verschiedenste Materialien verwendet werden: biegsame oder starre, undurchsichtige oder durchsichtige – wie etwa dünne Filme –, auch doppelbrechende.

Anwendungen

Die neue Messtechnik hilft, die Produktqualität in vielen Industriebranchen zu verbessern und Materialverbrauch zu reduzieren, insbesondere in folgenden Produktionen und Industrien:

- Brennstoffzellen, Batterien
- Displays, Schutzfolien
- Elektronik-, Medizin-, Pharmaindustrie

Ihre Vorteile

- kompaktes System für berührungslose und flächige Messung der Dicke dünner Schichten in Echtzeit – mit bis zu 24 Messungen pro Sekunde, wobei jede Messung auf 1200 Messpunkten gleichzeitig stattfindet
- für transparente sowie semitransparente Beschichtungsmaterialien – inklusive vieler Metallbeschichtungen
- für die Kontrolle von Schichtdicken im Nano- bis Mikrometer-Bereich
- erhöht Energie- und Ressourceneffizienz durch Vermeidung von Ausschuss sowie Reduktion der Schichtdicke
- keine bewegten Teile, klein und robust, kosteneffizient durch Verwendung von Standardkomponenten

Die TU Wien bietet Kooperationspartnern an, diese innovative Schichtdickenkontrolle für ihre individuellen Anwendungen zu realisieren.

Kontakt

Dr. Ferdinand Bammer
 TU Wien –
 Forschungsgruppe Prozesstechnik
www.tuwien.at/inline-QM-3D
 +43 676 9422124
ferdinand.bammer@tuwien.ac.at, foma@tuwien.ac.at

